

粒子觀點之引導探究式教學活動設計

顧炳宏

國立彰化師範大學 科學教育研究所

(投稿日期：民國 96 年 2 月 12 日，修訂日期：96 年 8 月 15 日，接受日期：96 年 8 月 21 日)

摘要：原子、分子等粒子觀念是科學發展中相當重要且關鍵的基本概念，在各個領域中，粒子觀念的使用乃是用來解釋眾多自然現象的首要策略。因此，在中學階段的自然與生活科技領域中，有關原子、分子等微小粒子概念之教授亦屬理化課程相當重要的部分。文獻指出，學生在學習以粒子觀點解釋眾多巨觀現象時，真正的困難乃是源自於他們無法感覺到原子的微小。雖然相關文獻指出學生學習的困難乃源自於難以感受到微小粒子的存在，但並無提出較具體的實務上之教學建議。換句話說，針對學生在初期進入抽象的微觀粒子世界時所面臨的困難，對於「微小粒子的存在」沒有真正的“感覺”，並無提出較為妥善的解決方案。本文旨在描述如何設計出正常課室教學中可行的探究教學活動，從具體到抽象引導學生，讓學生對微粒的感覺更具體，進而有利於往後關於原子、分子結構概念的學習，並藉由試教過程之紀錄與評量之結果，檢視本教學活動設計之效果。

關鍵詞：原子與分子、粒子觀點、引導探究式教學

壹、前言

原子、分子等粒子觀念是科學發展中相當重要且關鍵的基本概念，尤其是在物理學、化學，甚至是生物學的領域中，粒子觀念的使用乃是用來解釋眾多自然現象的首要策略(林財庫，2004)。因此，在中學階段的自然與生活科技領域中，有關原子、分子等微小粒子概念之教授實屬理化課程相當重要的部分。學生在學習許多科學概念時，最後

亦必須從巨觀的現象進入到微觀粒子世界，並藉以培養其抽象思考的能力。

由此觀之，在學生從巨觀進入微觀的過程中，如何幫助他們通過此過渡期，對「物質均由微小粒子所組成」這樣的概念能有真正的體會、真正的“有感覺”，應為一重要之課題。然而，可惜的是眾多教學活動均集中在原子結構或分子結構模型之建立(Keiffer, 1995; Leisten, 1995; Cherif, Adams, & Cannon, 1997; Skamp, 1999; Mèheut, 2004; Pringle, 2004)，針對此部分之教學建議目前尚屬貧

乏。(黃寶鈿和李武勳, 2001)

因「九年一貫」精神內涵之一乃在鼓勵教師自編教材, 希望教師從單純的課程執行者變成專業的課程設計者, 並且更重要的是, 課程的編寫與教學必須能從學生學習的觀點出發, 與學生的生活經驗相結合(教育部, 2000)。因此如何設計出既符合探究導向、又能引導學生主動學習的教學活動, 便成為教材發展研究者或教學活動設計者的重點工作之一。

綜合上述, 基於九年一貫課程鼓勵探究導向教材之開發, 且針對如何協助學生自巨觀現象過渡到微觀粒子觀點的教學建議仍屬貧乏。因此本文旨在描述如何設計出正常課堂教學中可行的探究教學活動, 從具體到抽象引導學生, 讓學生對微粒的感覺更具體, 進而有利於往後關於原子、分子結構概念的學習。

貳、文獻探討

針對學生對於「組成物質的粒子」所容易產生的迷思概念或另有概念 (Anderson, 1990), 多數研究都集中在如何使用木塊、保利龍、氣球、厚紙板、LED...等器材, 設計出一些具體的原子、分子結構模型(Keiffer, 1995; Leisten, 1995; Cherif et al. 1997; Skamp, 1999; Mèheut, 2004; Pringle, 2004)。另外亦有利用色素或紅糖等溶解擴散之現象(黃寶鈿和李武勳, 2002; Mèheut, 2004), 希望能讓學生感受到粒子的微小。前者在教學時多直接灌輸學生「物質是由微小的粒子—我們稱為原子—所構成」, 接著就專注於利用模型解釋原子或分子的結構, 如此便忽略了學生一開始從巨觀進入微觀時所面臨的困難; 後者對溶解現象之利用雖然立意良好, 但是仍偏向於單一的例子呈現, 似乎難以彌補具體與抽

象之間的落差。

組成物質的微小粒子叫分子, 分子又是由更小的粒子—原子—所組成, 而原子中甚至還有更小的次原子粒子(電子、質子等), Cherif 等(1997)認為由於這些粒子微小到根本無法從日常現象中直接的經驗, 因此學生很難真正感覺到這些微小粒子的存在。

黃寶鈿和李武勳(2002)認為, 因為原子、分子等粒子極為渺小而不可見, 大部分學生仍無法或較難跨過具體操作期, 因此不容易以抽象思考的模式去理解。

Pringle(2004)對此也表示了類似的觀點, 她認為在教授中學生有關原子和原子結構時, 學生所面臨的困難其實是來自於他們無法感覺到原子的微小。

另外, Gable 和 Sherwood(1984)在研究莫耳概念的類比工作時(analog tasks)就指出了學生感到困難的原因: 因為此概念所涉及的粒子數目非常巨大, 而它們在自然界中又是以極微小的狀態存在, 因此學生無法以微觀(microscopic)層次的化學概念(指巨大的粒子數目)來表徵實際存在於化學藥品架(chemical shelf)上的物質。

研究者認為, 前述之文獻大多僅指出學生學習的困難乃源自於難以感受到微小粒子的存在, 但並無提出較具體的實務上之教學建議。少數文獻所提供的教學設計對於學生在後期學習原子、分子概念時確實能產生實質之幫助, 但儘管如此, 學生在初期進入抽象的微觀粒子世界時所面臨的困難, 即對於「微小粒子的存在」並沒有真正的“感覺”, 並無提出較妥善的解決方案。

顧炳宏和陳瓊森(2006)曾經設計引導探究式的活動來幫助學生體會「莫耳」的概念, 在「聚沙成台灣」的活動裡, 先假設全台灣在海平面以上的土地都是由一般的沙子所構成, 教師引導學生想辦法算出全台灣是由多

少粒沙子所構成，其結果非常令人驚訝，竟然只有將近 10 莫耳。這個研究一方面說明莫耳之大，學生很難體會，另一方面也同時反映學生要體會原子和分子之小的困難。

要幫助學生建構抽象的知識，首先必須讓學生可以在透過手到(hands-on)和心到(minds-on)的教學活動中，對於真實的自然現象能有所體會。因此，本文旨在發展正常課室教學中可行的探究教學活動，從具體到抽象引導學生，讓學生對微粒的感覺更具體。

參、教學活動設計

由於研究者曾任職國中理化教師，深刻感受到關於微觀粒子教學之困難。循此之故，研究者於就讀研究所期間，汲取多方資料，如舊版理化教科書、物理系陳瓊森教授授課講義及化學通史(趙匡華，1992)等資料，並融合探究教學之精神，作為本教學活動設計之依據。

研究者認為，從科學史的角度來看，原子的概念並非憑空產生，而是經過許多實驗現象中慢慢衍生出來的。舉例來說，許多液體和氣體都會有擴散的現象，而許多關於氣體化學反應的實驗結果，也都顯示出其反應過程會遵守特定的規則，如氣體反應體積定律及質量守恆定律等。透過許多對於液體和氣體動態擴散現象的了解，和對於眾多氣體反應結果的思考，科學社群慢慢的對粒子的存在有了共識之後，最後才由道爾吞提出了創造性的「原子說」。因此，這樣的科學歷史軌跡便成為本教學活動發展時的重要參考依據。

研究者從上述的概念出發，根據既有之文獻研究結果，一方面採用前人所提之建議，一方面也針對學生不容易進行抽象思考的問題，發展出由具體至抽象、互相連結、

有結構性的數個引導探究式活動。整個教學活動的結構，乃是依照固體、液體、氣體之程序，每一個活動均緊扣著前一個活動而進行，循序漸進引導學生慢慢地對粒子的存在能有所體會和感覺。

活動的設計均儘可能的活潑，而活動的目的除了主要在協助學習者主動進行概念的建構之外，也希望藉由小組合作學習的方式，培養學生更多與人溝通、與人合作的社會技能。詳細活動設計之工作單請參閱附錄一，以下就針對各個活動設計與其所要傳達的主要概念，進行簡要的說明。

活動一：我切，我切，我切切切

本活動一開始準備一塊體積約為 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$ 的馬鈴薯塊，先讓學生預測這樣大小的馬鈴薯塊用小刀切最多可以切成幾塊。再請學生以小刀持續對半切馬鈴薯塊，每切一刀，就只要將剩下的一半拿來對半切即可，然後請小組發表他們總共可以切幾刀。最後老師向學生說明切一刀就可以分成 2 塊(2^1)、切兩刀就是 4 塊($2^2 = 4$)、切三刀就是 8 塊...以此類推，所以學生大約可以切到 20~22 刀左右，也就是說，最後可以只用小刀將馬鈴薯塊切成兩百萬至四百萬個小塊，與學生預測的數字有相當大的差距。本活動目的主要想讓學生在肉眼能力所及情況下，感受到物體可以被切割成極微小的顆粒。

活動最後教師可以詢問學生：「如何把最小的那個小塊切成更多的小塊」，藉以引發學生討論之動機。老師可以回答學生：「用水切」，以此作為下一個活動的伏筆。

活動二：我跑，我跑，我跑跑跑

本活動先準備傳統雜貨店販售的紅色色素粉：紅花米，先讓學生用小刀撥撥看，並用放大鏡觀察此固體粉末。接著將粉末同時

灑入兩杯溫度不同的水中，觀察粉末擴散的情況，比較兩杯擴散的情況有何不同，並且試著歸納出原因。本活動目的主要試圖藉由固態粉狀顆粒在水中擴散的情況，讓學生感受即使已經是極微小的顆粒依然可以再被「切割」成更小的顆粒，希望由具體的圖像訓練學生抽象思考的能力；此外也可以讓學生稍微了解在不同環境下，顆粒的運動速度會有所不同。

活動三：我跑，我跑，我跑跑跑（PART 2）

本活動為「我跑，我跑，我跑跑跑」之延續活動。將紅花米與重鉻酸鉀個別灑入兩杯溫度相同的水中，觀察擴散的情況，比較兩杯擴散的情況有何不同，並且試著歸納出原因。本活動目的在讓學生稍微了解在相同環境下，顆粒的運動速度也會有不同，而這可能是因為顆粒大小不同的緣故。

活動四：到底是誰在跑？

活動開始前，先準備一杯氨水放在講桌上。等待幾分鐘後，詢問學生有沒有聞到奇怪的味道，接著再問「氨水並沒有被移動，但是為何還是可以聞到氨水的味道？」，鼓勵學生彼此討論與發表，並可彼此辯論。本活動希望藉由日常生活氣味的經驗，培養學生觀察、推理、討論的能力，並引導學生發揮抽象的想像力，想像有微粒在周圍運動。

活動五：神奇的相遇！

本活動乃是利用無色的氨(NH_3)及氯化氫(HCl)反應會產生白色的氯化銨(NH_4Cl)所設計而成。在透明塑膠管兩端塞入沾有氨水和鹽酸的棉花，然後過幾分鐘就可以觀察到靠近鹽酸的一端產生白色的煙霧。本活動延續「到底是誰在跑？」，同樣鼓勵學生彼此討論、發表與辯論，試圖引導學生對微粒的感

覺更具體。

活動最後並附上固體、液體、氣體的粒子觀點示意圖，教師可以協助學生藉由回溯先前固體和液體的學習，與最後的氣體觀點進行整體粒子概念的整合。此舉亦有助於學生進行統整學習。

肆、結果

本教學活動進行試教的結果，學生普遍覺得有趣且容易理解。更重要的是，以往教學進度到此相關單元時，因為傳統講述教學模式的關係，學生通常較為沉默而顯得死氣沉沉，但教師在實際執行此教學活動之後，均認為學生經由動手操作與討論的過程中表現出熱烈的反應，教室學習氣氛也變的活潑起來。

研究者於九十四學年度時曾擔任中部某國中之自然科教師，並利用暑假為三年級學生進行理化科複習課程之期間，檢視本教學活動設計之施行效果。從前測發現，多數學生在粒子觀點概念方面的學習成就表現不甚理想；但藉由此教學活動之進行，從後測和6周後的延宕測驗的結果發現，學生普遍能達到教學目標，亦即學生能學習到有關粒子概念的基本知識，相當程度地證明本教學活動設計可有效解決大部分有關前述文獻所提及之問題。

以下即另外就本教學設計中各個活動試教之結果與建議，作進一步的敘述：

活動一：開始時先讓同學預測，可以增加學生對於實際切割結果之震撼感。教師可以利用切塊示意圖(如圖 1)，使學生容易了解切一刀等於 2 塊(2^1)、切兩刀等於 4 塊($2^2 = 4$)...的原因。讓學生把切完的小塊依序黏貼在黑色或深色紙板上，如圖 2，可以讓「顆粒」的感覺更為強烈。最後，針對嘗試多種

材料的結果，橡皮擦可能會是不錯的選擇，不過因為馬鈴薯可以溶解於水中，較符合下一個活動之需要，當然各有優缺點，教師可針對不同需要自由選擇。

活動二：試圖延續活動一的固體顆粒觀點，從固體顆粒提升至液體顆粒之概念，因此挑選容易溶解的粉末便是首要的考量。在試用過幾種食用色素之後，傳統雜貨店所販售的紅色色素粉：紅花米溶解時所呈現出的視覺效果最為良好。除此之外，粉末溶解時會有過重而迅速沉澱的問題。試驗結果發現，若想呈現較佳的溶解視覺效果，最好可以讓粉末可以藉由水的表面張力漂浮在水面上。因此在加入少許粉末前可以事先將其研磨過，實驗結果如圖 3。

活動三：需要表現出固體溶解擴散和液體擴散的差異，因固體的紅花米實際上屬混合物，因此，以化合物作為另一項溶液的材料應是較適當之選擇。一般而言，具顏色且濃度高的溶液觀察時較容易表現出差異，視覺效果較好，如圖 4。由於重鉻酸鉀目前屬

管制毒化物，因此教師需要留意廢液的回收問題，或者以紫色的過錳酸鉀溶液代替重鉻酸鉀溶液。

活動四：承續液體顆粒的觀點，並作為發展氣體粒子觀念的中介點。因為有這樣的特性，所以具氣味的高揮發性液體為適合的選擇。學生通常會覺得氨水的味道太臭且噁鼻，因此香水也是可供替代的素材。

活動五：乃取材自舊版本的經典實驗。起先看似無異狀的透明管中最後竟出現白色環狀類似煙霧的物質(NH₄Cl)。試教的經驗顯示學生普遍感到驚奇和有趣，也都能積極去思考與推論可能的原因，對於無法看見之物質所可能包含的粒子感覺也相當強烈。根據教師試用的結果，發現利用空心細玻璃管效果亦佳。先在空心玻璃管兩端塞入適量的棉花，再利用針筒將兩溶液分別注入其中，如圖 5。約過 1~2 分鐘即可觀察到白色煙霧狀氯化銨的產生，如圖 6。原本工作單中所設計的大型空心管可用以示範實驗時使用，以作為實驗器材不足時之替代性策略。

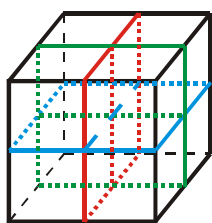


圖 1：切塊示意圖

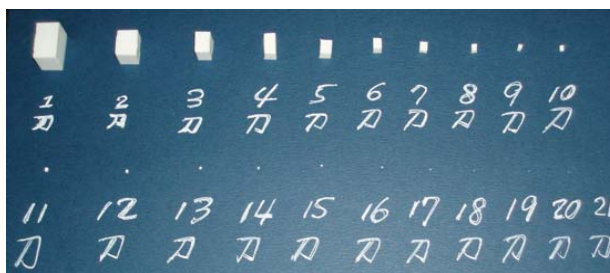


圖 2：切塊展示圖



圖 3：相同物質在不同水溫下的擴散狀況



圖 4：不同物質在相同水溫下的擴散狀況



圖 5：白色氯化銨煙霧實驗裝置圖



圖 6：白色氯化銨煙霧生成處

伍、討論與結論

本教學活動設計之定位乃在藉由搭橋與鷹架策略，降低學生從巨觀現象進入微觀抽象粒子世界的困難度。儘管活動中所使用的某些觀念在理論上可能有些牽強，如馬鈴薯、紅花米等屬混合物；重鉻酸鉀、氨、氯化氫等屬化合物，但並無損其作為粒子呈現在活動中，而真正起到幫助學生作用之價值，且相關問題可以藉由之後原子與分子的教學過程再進行澄清。

本教學設計大多取材自價格低廉、一般生活中容易取得之材料，經由適當有趣的動手做任務，讓學生在較輕鬆的情境下學習本為非常抽象、難以親近粒子概念。學生透過教師的引導，同儕之間的討論、分工、合作等良好互動行為，不只學習到基本的科學概念，也培養了自身的抽象思考、觀察、推論...等科學過程技能。

另外研究者也發現，教師實施本教學模

組時需要搭配相當程度之合作學習策略，才能使課室探究活動流暢的進行，否則可能會使教學情境過於混亂或失去控制，而浪費過多教學時間以致影響教學進度。

參考文獻

1. 教育部(2000)：學校本位課程發展基本理念與實務策略。教育部編印。
2. 林財庫(2004)：中小學生物質微粒模式之迷思概念的診斷工具和分析方法。科學教育學刊，第 12 卷第 2 期，183-218。
3. 黃寶鈿和李武勳(2001)：氣體粒子概念之教具設計與教學應用。科學教育月刊，241，61-63。
4. 黃寶鈿和李武勳(2002)：抽象概念的具體化教學：以莫耳概念為例。科學教育月刊，253，48-50。
5. 趙匡華(1992)：化學通史。凡異出版社。
6. 顧炳宏和陳瓊森(2006)：莫耳概念之教學

- 活動設計。科學教育月刊，288，40-46。
7. Anderson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
 8. Cherif, A. A., Adams, G. E., & Cannon, C. E. (1997). Nonconventional methods in teaching matter, atoms & periodic table for nonmajor students. *The American Biology Teacher*, 59, 428-438.
 9. Gable, D. L. & Sherwood, R. D. (1984). Analyzing difficulties with mole-concept tasks using familiar analog. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 843-851.
 10. Keiffer, B. (1995). Atom illumination: A bright idea for modeling atomic structure. *The Science Teacher*. 62, 29-31.
 11. Leisten, J. (1995). Teaching atoms earlier! *School Science Review*, 77(279), 23-27.
 12. Mèheut, M. (2004). Designing and validating two teaching- learning sequence about particle model. *International Journal of Science Education*, 26, 605-618.
 13. Pringle, R. M. (2004). Making it visual: Creating a model of the atom. *Science Activities*, 40(4), 30-33
 14. Skamp, K. (1999). Are atoms and molecules too difficult for primary children? *School Science Review*, 81(295), 87-96.

附錄一 工作單

小隊名：_____ 姓名：_____



活動一：我切，我切，我切切切

- 1.現在桌上有一塊立方體的馬鈴薯。如果將馬鈴薯切成兩等份，其中一份貼在黑紙上，另外一份再切成兩等份，如此不斷的對半切下去，然後依大小順序排好。現在請你預測一下，你覺得我們最多可以把馬鈴薯分成幾塊？

我的預測	小隊的預測
------	-------

- 2.實際的來切一下吧！切一刀可以把馬鈴薯分成 $2^1 = 2$ 塊，切兩刀可以把馬鈴薯分成 $2^2 = 4$ 塊，切三刀可以把馬鈴薯分成 $2^3 = 8$ 塊……以此類推，你總共可以切幾刀？再算算看，你總共將馬鈴薯分成了多少塊？再比較一下跟你原來的預測差了多少？

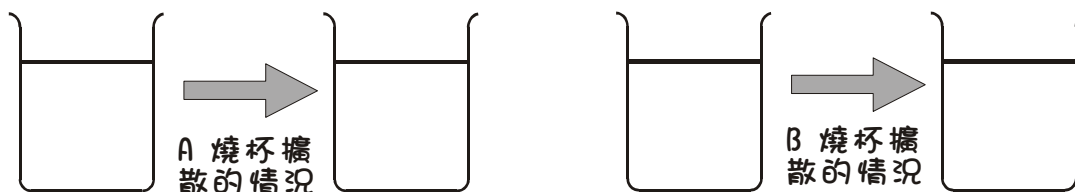
小隊切完的結果	與原來的預測差了多少
---------	------------

- 3.想一想，你覺得還有什麼樣的辦法可以把馬鈴薯分成比現在更多更小的塊？

我的想法	小隊討論	老師講解
------	------	------

活動二：我跑，我跑，我跑跑跑

- 1.現在有 A、B 兩燒杯(A 杯水溫較高，B 杯水溫較低)，在兩杯燒杯正上方各撒入一些「紅花米」。請你仔細觀察兩燒杯內紅墨水擴散的情形，然後把它們畫下來。



- 2.你覺得「紅花米」在哪一個燒杯中”跑”的比較快？

小隊討論	老師講解
------	------

- 3.如果我們把”紅花米”想像成”馬鈴薯”，把”水”想像成”小刀”，請你發揮一下你的想像力，你覺得可能是什麼東西在跑？

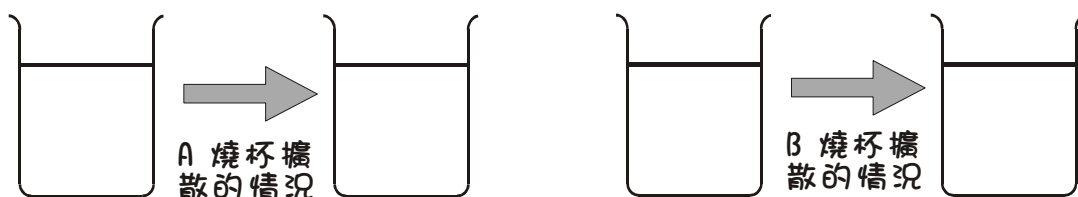
我的想法	小隊討論	老師講解
------	------	------

統整 由活動一與活動二，我們可以作出以下這樣的猜想：我們生活週遭的東西可能都可以切割成很微小的_____，也就是說，我們生活週遭的東西可能都是以很微小的_____所組成。如果紅花米是由微小的_____所組成的話，那麼由活動二的觀察我們就可以推論說：這些_____在溫度高的時候會跑的比較_____。

活動三：我跑，我跑，我跑跑跑（PART 2）



1. 現在有 A、B 兩燒杯(兩杯水溫一樣)，在 A 燒杯正上方撒入一些「紅花米」，在 B 燒杯正上方滴入 3 滴重鉻酸鉀溶液(橘黃色)。請你務必要仔細觀察兩燒杯內液體擴散的情形，然後把它們畫下來。



2. 你覺得「紅花米」跟「重鉻酸鉀」誰跑的比較快呢？

小隊討論	老師講解
------	------

3. 如果現在我們用「顆粒」的想法來想想看的話，你覺得為什麼它會跑的比較快？

我的想法	小隊討論	老師講解
------	------	------

統整 我們可以想像紅花米是由很多很多極微小的_____所組成，重鉻酸鉀是由很多很多極微小的_____所組成。可是這兩種顆粒是不一樣的。所以我們可以作出以下的推測：不同的東西是由不同的極微小的_____所組成。不同的顆粒，有的比較_____或比較_____，所以它跑的比較快；有的比較_____或比較_____，所以它跑的比較慢。

活動四：到底是誰在跑？



- 1.現在老師在講台上放置一杯氨水(俗稱阿摩尼亞)，放置一兩分鐘後，請問你有沒有聞到”奇特”的味道？

我的感覺	小隊的感覺
------	-------

- 2.本來氨水是放在老師的講台上的，老師並沒有去移動它，但是為什麼我們還是可以聞到氨水的味道呢？想一想，到底是什麼東西在跑呢？

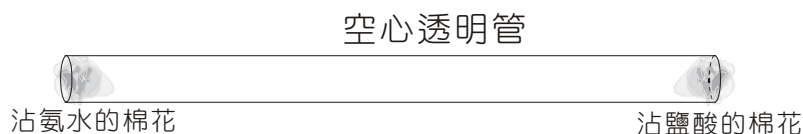
我的想法	小隊討論	老師講解
------	------	------

統整 我們也可以把氨的氣體想像成很多很多極微小的_____，它會往四面八方擴散出去，也就是說，我們可以把它看成很多很多的氨氣顆粒往四面八方跑出去，而當這些顆粒跑到我們的鼻子的時候，我們就會聞到氨氣那種很臭很臭的味道了！當然這就是我們一般嗅覺的基本原理！

活動五：神奇的相遇!!!



1. 在空心透明管兩端各塞入一團棉花，一端沾氨水，一端沾鹽酸，如下圖。
2. 注意觀察管中有什麼現象發生？將你看到的現象畫在下圖中。



3. 你覺得為什麼空心管的中間會有煙霧的產生？想一想，有什麼東西在跑嗎？

我的想法	小隊討論	老師講解

4. 根據煙霧產生的位置，你認為氨氣的顆粒跑的比較快，還是鹽酸氣體的顆粒跑的比較快？

我的想法	小隊討論



統整 我們還是可以氨的氣體以及鹽酸的氣體想像成一顆顆微小的顆粒，因為氨氣的顆粒碰到鹽酸氣體的顆粒會產生_____，所以我們可以在空心管的中間看到有_____出現。而且根據白色煙霧出現的位置，我們還可以推斷鹽酸氣體的顆粒跑的比較_____，而氨氣的顆粒跑的比較_____。

